



**Bundesanstalt für Wasserbau**  
Kompetenz für die Wasserstraßen

# Bautechnische Anforderungen bei Verkehrswasserbauwerken

LBDir Dipl.-Ing. Claus Kunz  
Leiter der Abteilung Bautechnik der BAW



**Auftaktveranstaltung  
„FACHLISTE PRÜFINGENIEURE“  
für Verkehrswasserbauten an Bundeswasserstraßen  
12. Mai 2010  
BMVBS Berlin**

- 1 Einführung**
- 2 Anforderungen an Verkehrswasserbauwerke aus bautechnischer Sicht (*exemplarisch*)**
- 3 Umsetzung neuer Anforderungen in die Praxis (*2 Beispiele*)**



BAW

**Bundesanstalt für Wasserbau**  
Kompetenz für die Wasserstraßen

**Bautechnische Anforderungen Verkehrswasserbauwerke**  
LBDir Claus Kunz

**340 Schleusenanlagen**



**280 Wehre**



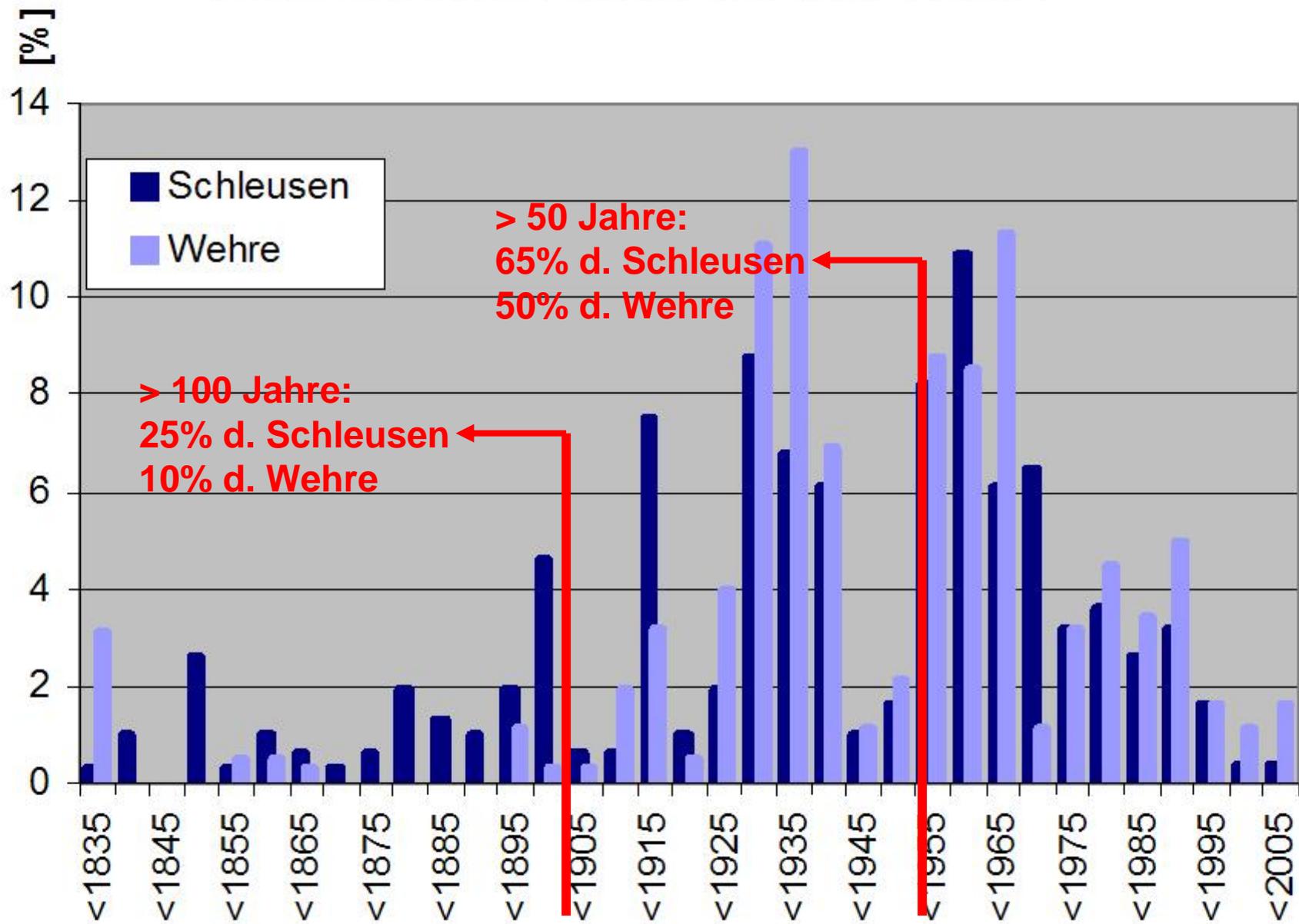
**350 Düker/Durchlässe**



**1600 Brücken**



# Altersstruktur Schleusen und Wehre



## **WaStraG § 48:**

„...bundeseigene Schifffahrtsanlagen haben allen Anforderungen der „Sicherheit und Ordnung“ zu genügen ...“

## **DIN 1055-100:**

„Sicherheit“ ist „Sicherstellung der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit, die eine Gefährdung der öffentlichen Sicherheit und Ordnung verhindern“



[ BAW ]

**Bundesanstalt für Wasserbau**  
Kompetenz für die Wasserstraßen

**Bautechnische Anforderungen Verkehrswasserbauwerke**  
**LBDir Claus Kunz**

## Sicherstellung der:

- Tragfähigkeit,
- Gebrauchstauglichkeit,
- Dauerhaftigkeit

**„3 Säulen“ der  
konstruktiven  
Nachweise**

**bedeutet „Sicherheit (Zuverlässigkeit)“**



BAW

Bundesanstalt für Wasserbau  
Kompetenz für die Wasserstraßen

Bautechnische Anforderungen Verkehrswasserbauwerke  
LBDir Claus Kunz

**1 Einführung**

**2 Anforderungen an Verkehrswasserbauwerke  
aus bautechnischer Sicht**

**3 Umsetzung neuer Anforderungen in die Praxis**



BAW

Bundesanstalt für Wasserbau  
Kompetenz für die Wasserstraßen

Bautechnische Anforderungen Verkehrswasserbauwerke  
LBDir Claus Kunz

# Anforderungen in Normen !

## Warum wasserbauspezifische Normen ?

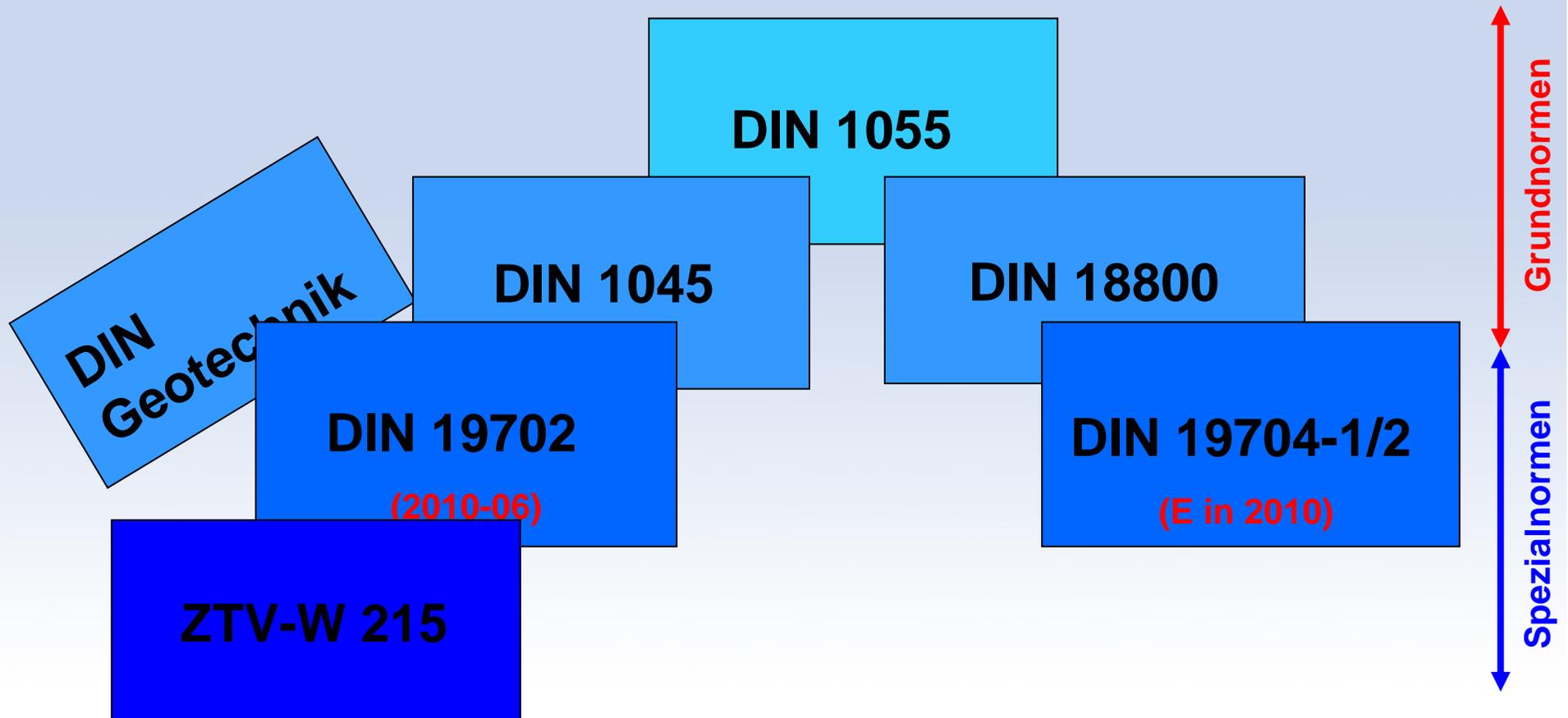
- Besondere Einwirkungen/Beanspruchungen  
z.B. (Riss-)Wasserdruck, Temperaturen, Massigkeit, „volle“  
Wechselast, Wechselwirkung Bauwerk-Boden, ...
- Nutzungsdauer >> 50 Jahre
- Hoher Anspruch an Verfügbarkeit
- Besondere Bauweisen/Konstruktionen (Massiv, Stahl, ... )



Spezifische Anforderungen in allgemeinen  
DIN-Normen nur bedingt integrierbar



# Nachweiskonzepte für Verkehrswasserbauwerke



# **Bemessung und Ausführung von Tragwerken nach den Regeln der Eurocodes (Teilsicherheitskonzept)**

- Bauartübergreifendes Sicherheitskonzept**
- Nachweis in Grenzzuständen**
- Teilsicherheits-/Kombinationsbeiwerte**

- ➔ Konsistente Übernahme der für Ing.bau/Brückenbau geltenden Begrifflichkeiten, Nachweisformate und Methoden**
- ➔ ergänzende wasserbauspezifische Regelungen**



## z.B. Tragfähigkeit:

Nutzungsdauer  $T_N = 100$  a (Massivbau)

Nutzungsdauer  $T_N = 70$  a (Stahlwasserbauten)

Teilsicherheitsbeiwerte (Massivbau, Stahlwasserbauten)

## z.B. Gebrauchstauglichkeit:

Rechenwert Rissbreite  $w_K = 0,25$  mm (Massivbau)

Einwirkung Temperatur im GZG (Massivbau)

Grenzwert Leckwasserverluste (Stahlwasserbauten)

## z.B. Dauerhaftigkeit:

Expositionsklassen wasserbauspezifisch (Massivbau)

Betondeckung nom.  $c = 60$  mm (Massivbau)

Minstdicken Stahlprofile/-bleche (Stahlwasserbauten)

Korrosionsschutz (Stahlwasserbauten)



BAW

Bundesanstalt für Wasserbau  
Kompetenz für die Wasserstraßen

Bautechnische Anforderungen Verkehrswasserbauwerke  
LBDir Claus Kunz

# Tragfähigkeit: Bemessungssituationen

Kombinationsregeln	Unabhängige ständige Einwirkungen	Unabhängige veränderliche Einwirkungen, vorherrschend	Unabhängige veränderliche Einwirkungen, andere	Außergewöhnliche Einwirkungen	Beispiele für Bemessungssituationen
Ständige Bemessungssituationen $E_{d,P} = E \{$	$\sum \gamma_{GP,i} * G_{k,i}$	$\gamma_{QP,1} * Q_{k,1}$	$\sum \gamma_{QP,i} * \psi_{0,i} * Q_{k,i} \}$		Schleuse auf OWUW und seitlichen Verkehrslasten und saisonale Temp. Und Pollerzug
Vorübergehende Bemessungssituationen $E_{d,T} = E \{$	$\sum \gamma_{GT,i} * G_{k,i}$	$\gamma_{QT,1} * Q_{k,1}$	$\sum \gamma_{QT,i} * \psi_{0,i} * Q_{k,i} \}$		Bau- und Revisionszustände, Schleuse bei Hochwasser,
Außergewöhnliche Bemessungssituationen $E_{d,A} = E \{$	$\sum \gamma_{GA,i} * G_{k,i}$	$\psi_{1,1} * Q_{k,1}$	$\sum \psi_{2,i} * Q_{k,i}$	$A_d \}$	Schleuse/Wehr bei extremen Wasserstände, Bauwerke unter Schiffsanprall oder Erdbeben
Beispiele für Einwirkungen	Eigengewicht, Wasserdruck, Erddruck, langzeitige Temperatur	Verkehrslasten, Eisdruck, Wind, kurzzeitige Temperatur, Revisionslast	wie in Spalte links nebenstehend	Anpralllast, extreme Wasserstände, gesunkenes Schiff, Erdbeben	

# Tragfähigkeit: Teilsicherheitsbeiwerte $\gamma$ im Massivbau (DIN 19702 (2010-06))

Teilsicherheitsbeiwerte für Bemessungssituationen im Wasserbau	Ständig (P)	Vorübergehend (T)	Außergewöhnlich (A)
Ständige Einwirkungen			
- ungünstig	1,35	1,2	1,0
- günstig	1,0	1,0	1,0
Veränderliche Einwirkungen			
- ungünstig	1,5	1,3	1,0
- günstig	0	0	0
- Wasser günstig	0,8	0,9	1,0
Außergewöhnliche Einwirkungen			1,0





BUNDESANSTALT FÜR WASSERBAU  
Karlsruhe · Hamburg · Ilmenau

BAW



# Gebrauchstauglichkeit/Dauerhaftigkeit

Rissbreitenbegrenzung  
nach ZTV-W 215 bzw.  
DIN 19702 (2010-06)

über BAW-MFZ

Merkblatt

Rissbreitenbegrenzung  
für frühen Zwang  
in  
massiven Wasserbauwerken  
*MFZ*

September 2004



BAW

Bundesanstalt für Wasserbau  
Kompetenz für die Wasserstraßen

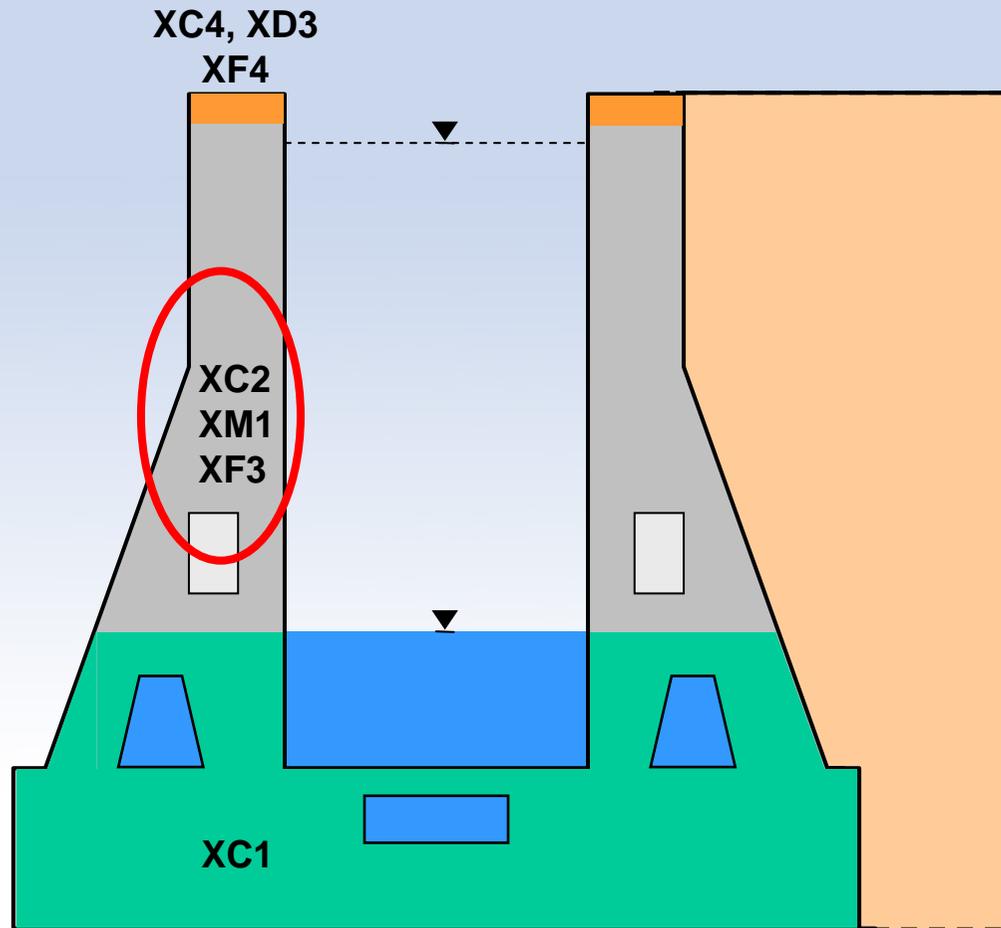
Baute  
LBDir

# Dauerhaftigkeit: Expositionsklassen für Stahlbeton mit wasserbauspezifischen Beispielen (ZTV-W 215)

Klassenbezeichnung	Beschreibung der Umgebung	Wasserbauspezifische Beispiele <sup>1)</sup>
<b>1 Kein Korrosions- oder Angriffsrisiko</b>		
X0	Bauteile ohne Bewehrung oder eingebettetes Metall in nicht betonangreifender Umgebung	Unbewehrter Kernbeton bei zonierter Bauweise
<b>2 Bewehrungskorrosion, ausgelöst durch Carbonatisierung</b>		
XC1	trocken oder ständig nass	Sohlen von Schleusenammern, Sparbecken oder Wehren, Schleusenammernwände unterhalb Unterwasserstand, hydraulische Füll- und Entleersysteme
XC2	nass, selten trocken	Schleusenammern- oder Sparbeckenwände im Bereich zwischen Unter- und Oberwasserstand, Umläufe
XC3	mäßige Feuchte	Nicht frei bewitterte Flächen von Betriebsräumen
XC4	wechselnd nass und trocken	Freibord von Schleusenammern- oder Sparbeckenwänden, Wehrpfeiler oberhalb der Wasserlinie
<b>3 Bewehrungskorrosion, verursacht durch Chloride, ausgenommen Meerwasser</b>		
XD1	mäßige Feuchte	
XD2	nass, selten trocken	
XD3	wechselnd nass und trocken	
<b>4 Bewehrungskorrosion, verursacht durch Chloride aus Meerwasser</b>		
XS1	Salzhaltige Luft, aber kein unmittelbarer Kontakt mit Meerwasser	Außenbauteile in Küstennähe, Zutritt von Außenluft

# Dauerhaftigkeit:

## Expositionsklassen Beispiel Süßwasserschleuse



# Nachweis der Dauerhaftigkeit

## Expositionsklassen Schleusenammerwand (UW - OW)

Expositionsklassen	XC4	XM1	XF3	
max w/z bzw. $(w/z)_{eq}$	0,60	0,55	0,55	0,50
min Druckfestigkeitsklasse	C 25/30	C 30/37 <sup>e)</sup>	C 25/30	C 35/45
min z [kg/m <sup>3</sup> ]	280	300	300	320
min z <sub>f</sub> [kg/m <sup>3</sup> ]	270	270	270	270
min LP-Gehalt [Vol-%]	---	---	4,0	---

e) Bei LP-Beton eine Festigkeitsklasse niedriger.



**1 Einführung**

**2 Anforderungen an Verkehrswasserbauwerke  
aus bautechnischer Sicht**

**3 Umsetzung neuer Anforderungen in die Praxis**



**BAW**

**Bundesanstalt für Wasserbau**  
Kompetenz für die Wasserstraßen

**Bautechnische Anforderungen Verkehrswasserbauwerke**  
**LBDir Claus Kunz**

## 3.1 Neue Anforderung

BAW, hier die Abteilung Bautechnik  
wasserbaus eingebunden:

- beratend und qualitätssichernd bei
- durch Erarbeitung einschlägiger B



(Beispiele):

weisführung (Bewehrung Rissbreite)

ührung (edle/unedle Metalle)

ische Anforderungen Verkehrswasserbauwerke  
us Kunz

Lösungen:

- Aufbereitung des Standes von Wissenschaft und Technik
- Grundsatzuntersuchungen
- Ziel: Pragmatische Lösungen

Folge:

Bauwerke/Bauteile werden ggf. anders konstruiert



BAW

**Bundesanstalt für Wasserbau**  
Kompetenz für die Wasserstraßen

**Bautechnische Anforderungen Verkehrswasserbauwerke**  
**LBDir Claus Kunz**

## 3.2 Massige Bauteile aus Beton

### 3.2.1 Problemstellung

Indirekte Einwirkung aus den Abmessungen heraus:

„Früher Zwang“ und „Rissbreitenbegrenzung“

Regeln in einschlägigen Normenwerken, z.B. DIN 1045, DAfStb, ...  
sind i.d.R. für Hochbauten entwickelt



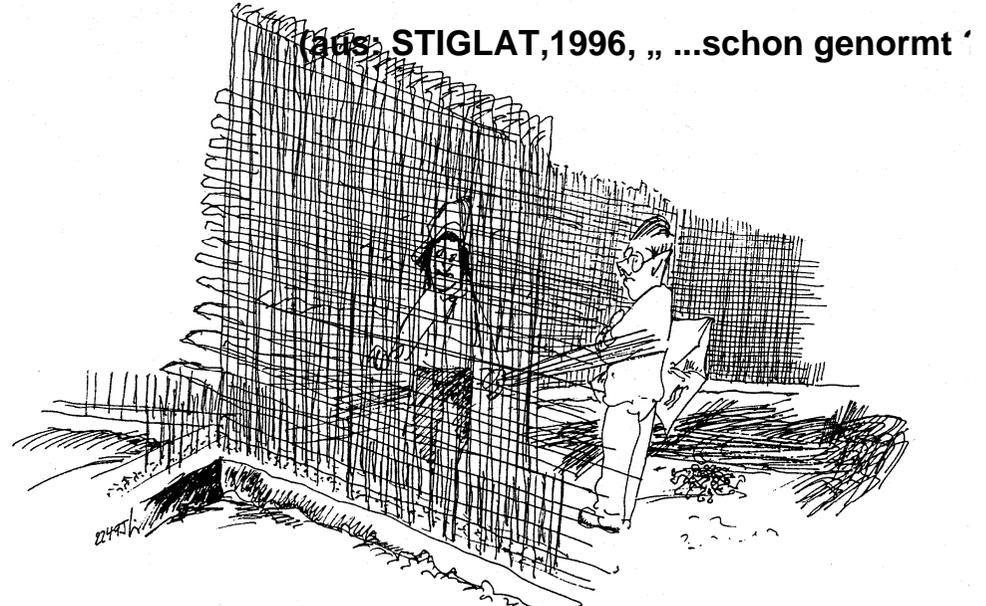
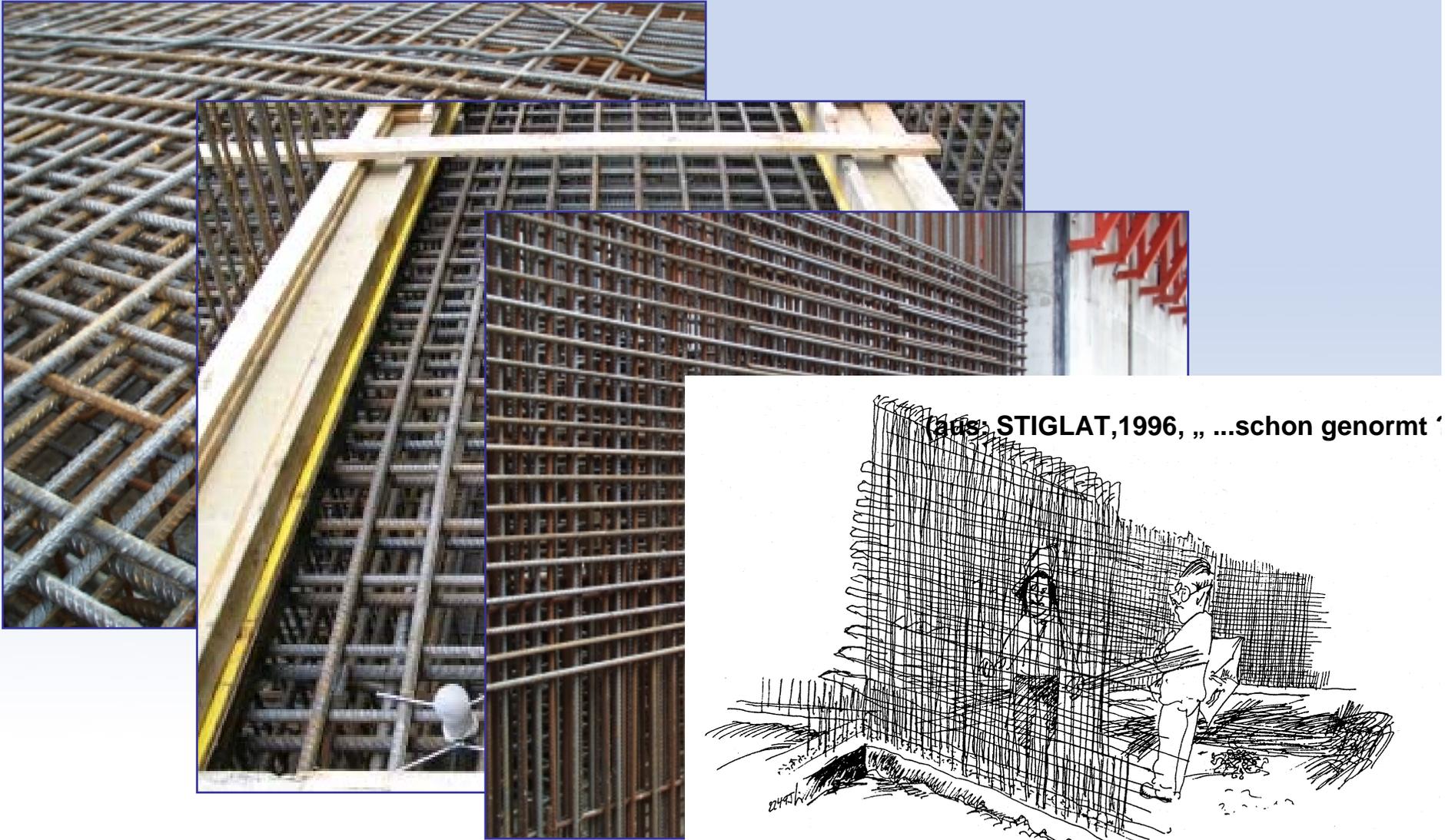
Folgen für Wasserbauwerke der WSV => massige Bauwerke:



**BAW** Bundesanstalt für Wasserbau  
Kompetenz für die Wasserstraßen

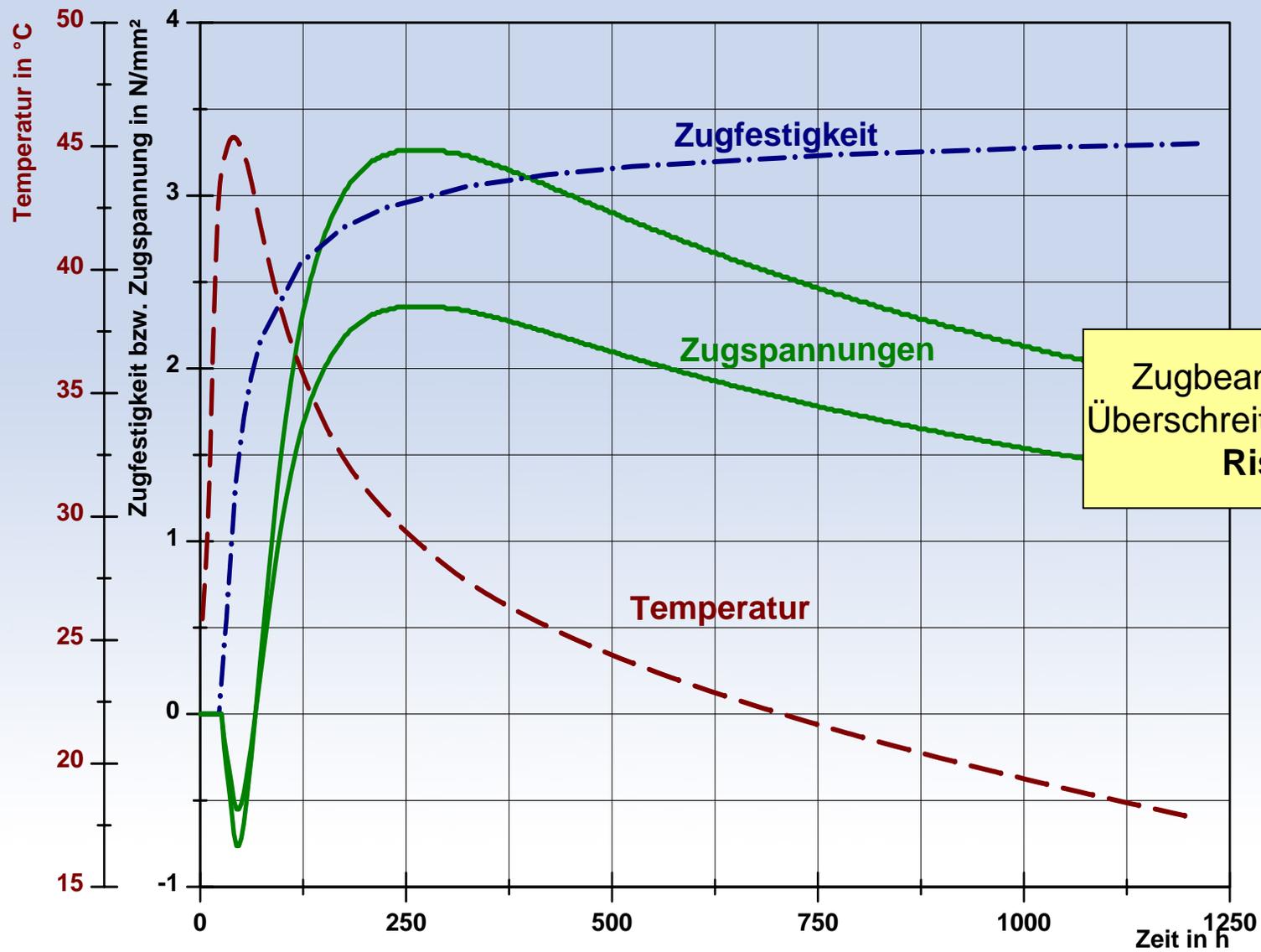
**Bautechnische Anforderungen Verkehrswasserbauwerke**  
**LBDir Claus Kunz**

# Folgen für Wasserbauwerke der WSV => massige Bauwerke:



(aus: STIGLAT, 1996, „...schon genormt“)

.....Chef, das ist erst die Mindestbewehrung.....



## 3.2.2 Aktivitäten

Untersuchungen zum „Frühen Zwang“:

in-situ-Messungen

numerische Simulationen

Riss-Kartierungen

Baustoffliche Optimierungen:

zonierte Bauweise

geänderte Beton-Zusammensetzungen



BAW

Bundesanstalt für Wasserbau  
Kompetenz für die Wasserstraßen

Bautechnische Anforderungen Verkehrswasserbauwerke  
LBDir Claus Kunz

# Erste Untersuchungen

Erfassung des tatsächlichen Verhaltens durch in-situ-Messungen



z.B.: Weserwehr Bremen, Weserschleuse Bremen, Schleuse  
Rothensee

(in Kooperation u.a. mit Uni Hannover, Institut für Massivbau)



# Erste Ergebnisse

- Rechnerische Simulation der Temperatur sehr gut
- Aussage der Dehnungsmessungen begrenzt
- Dehnungsmessungen jedoch Indikator für Rissbildung
- Beschreibung des Materialverhalten wichtig, aber schwierig
- Empfehlungen für  $e = M_{\text{Zwang}} / N_{\text{Zwang}}$  zum Risszeitpunkt



BAW

Bundesanstalt für Wasserbau  
Kompetenz für die Wasserstraßen

Bautechnische Anforderungen Verkehrswasserbauwerke  
LBDir Claus Kunz

# Fortsetzung

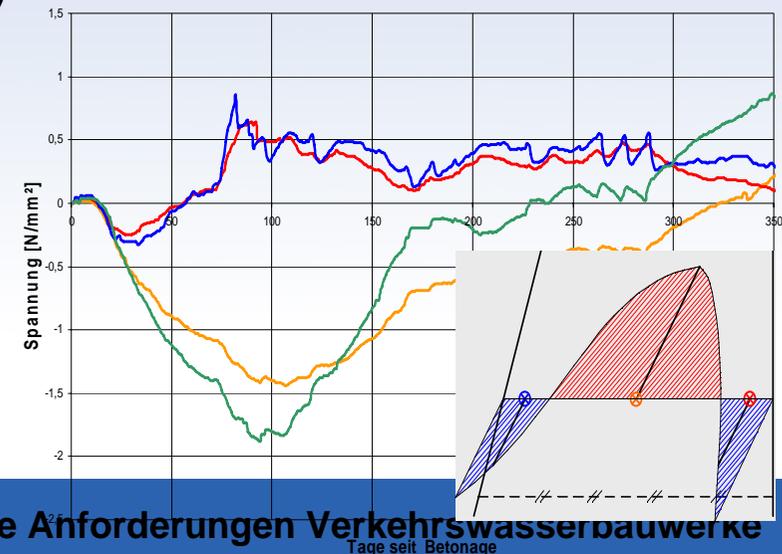
Beschreibung des Materialverhaltens

- intensive Materialuntersuchungen (Relaxation)
- Spannungsmessungen

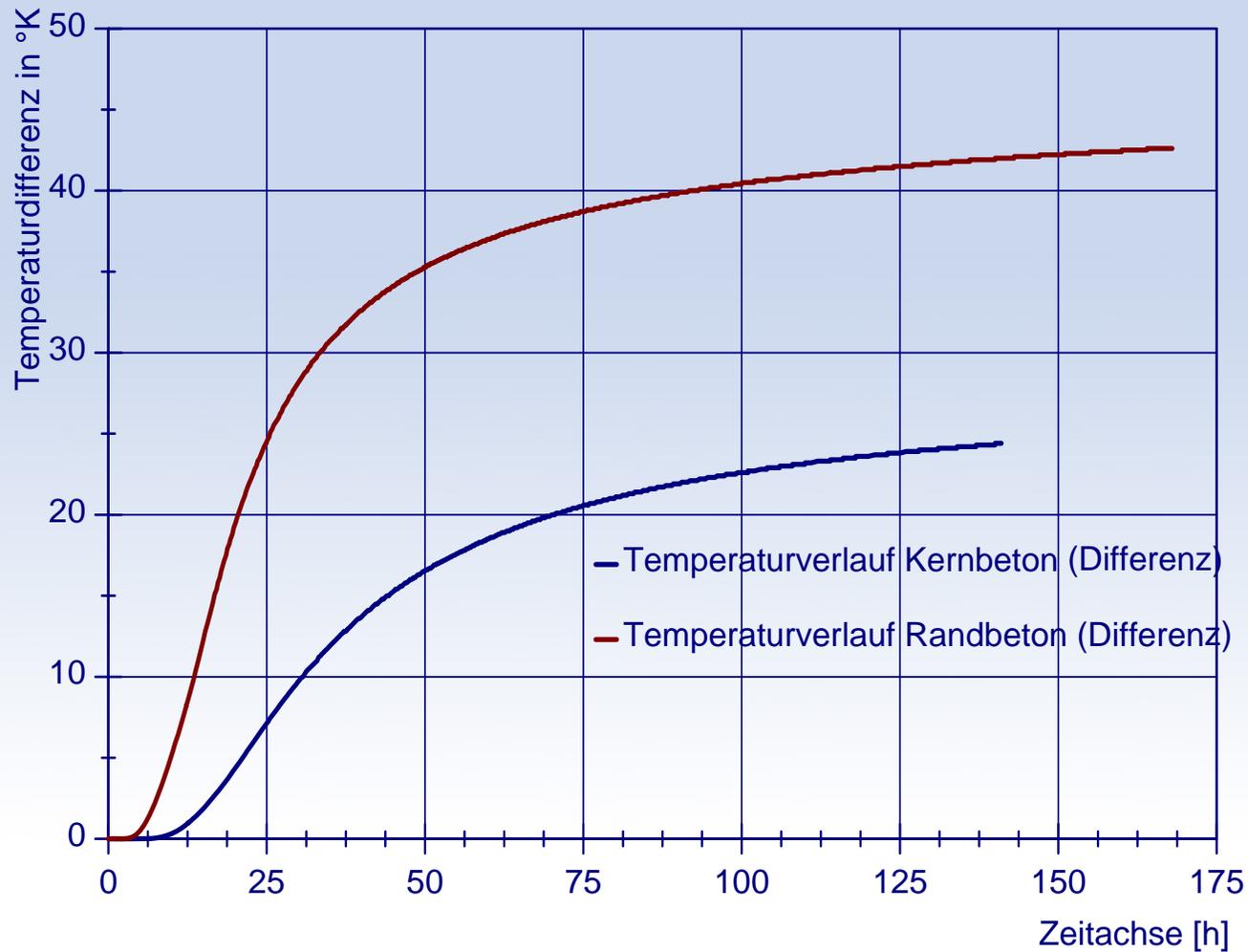
(in Kooperation mit  
MPA Braunschweig/TU Braunschweig,  
Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz)



Schleuse Hohenwarthe



# Hydratationswärme

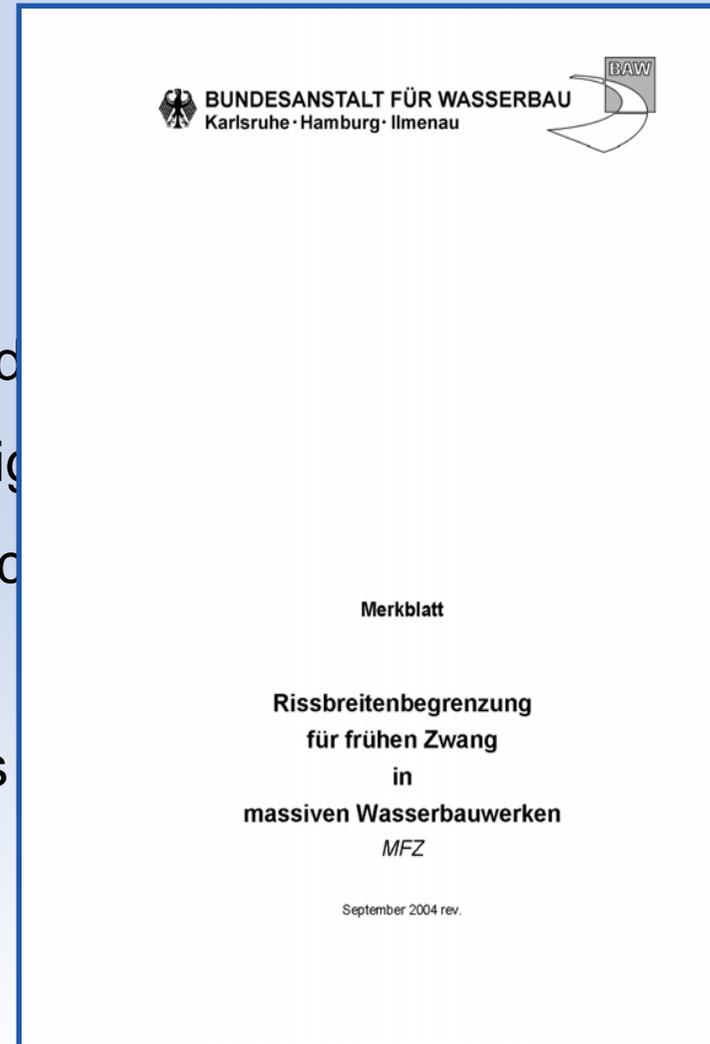


# Weitere Ergebnisse

- Verbesserte Materialmodelle (Hyd
- Versuche zur Relaxation schwierig
- Interpretation der Ergebnisse durch  
besser
- Realistische Nachrechnungen bis

- > eigene Nachrechnungen

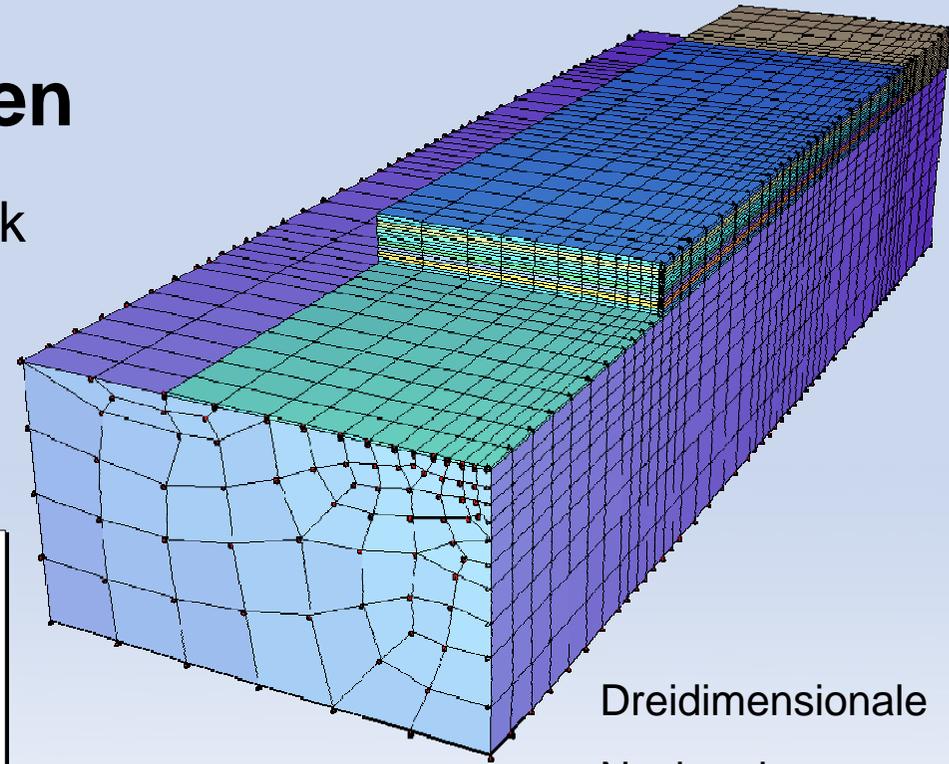
- > Aufstellung des Merkblatts Früher Zwang September 2004



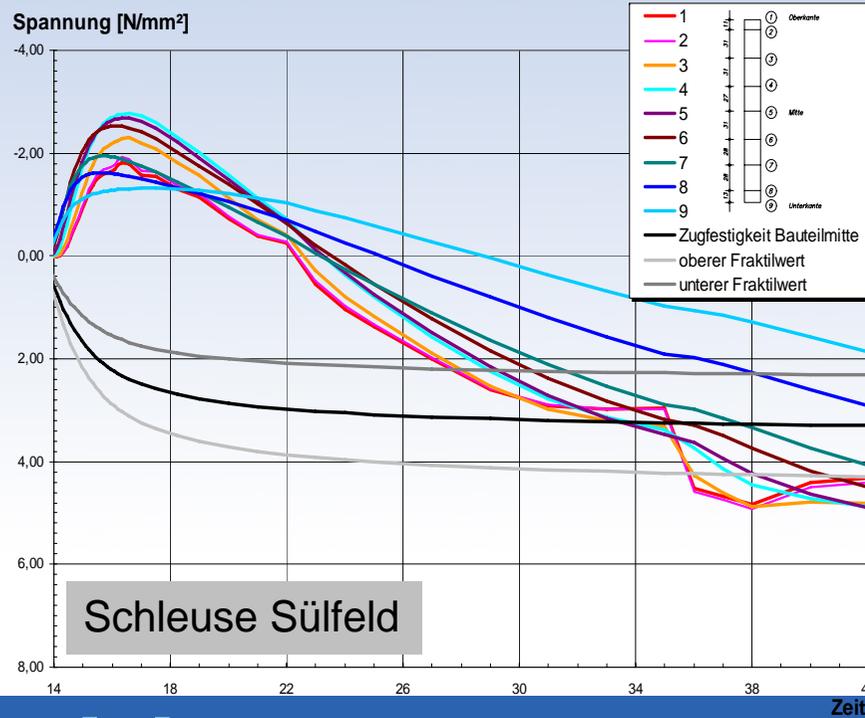
# Weitere Untersuchungen

## Untersuchungen zur Rissmechanik

(in Kooperation Uni Leipzig, Institut für  
Massivbau und Baustoffe, Prof. Tue)



Dreidimensionale  
Nachrechnung



- **Gute Übereinstimmung zwischen Rechnung und Messung**
- **Relaxation bisher unzureichend**



**...aber auch:**

## **Gedanken zur optimierten Beton-Zusammensetzung**

Welches sind die spezifischen Expositionen ?

- Frost

- Mechanischer Abrieb

-...

... und welche Werkstoffeigenschaften sind hierfür relevant ?

(in Kooperation mit Institut für Baustoffe, RWTH Aachen)

... zonierte Bauweise auch für dünnwandigere Querschnitte

(in Kooperation mit Institut für Baustoffe, Uni Bochum)



## 3.2.3 Entwicklung

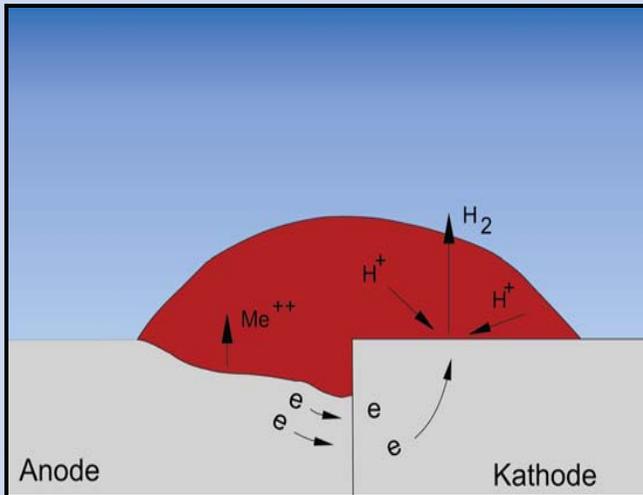
- Verbesserte Beschreibung der Zwangsbeanspruchung im Bauwerk
- Beschreibung der Rissmechanik bei Zwangsbeanspruchung in dicken Bauteilen (nahezu abgeschlossen)
- Optimierte Beton-Rezepturen (Reduktion Zementanteil)
- pragmatisches Ingenieurmodell zur sicheren und wirtschaftlichen Dimensionierung der Bewehrung: neues BAW-Merkblatt MFZ
- Mitarbeit bei und Einfluss auf nationale „Beton“-Normung (NABau, DIN, DAfStb, ZTV-W, ...)



## 3.3 Kontaktkorrosion

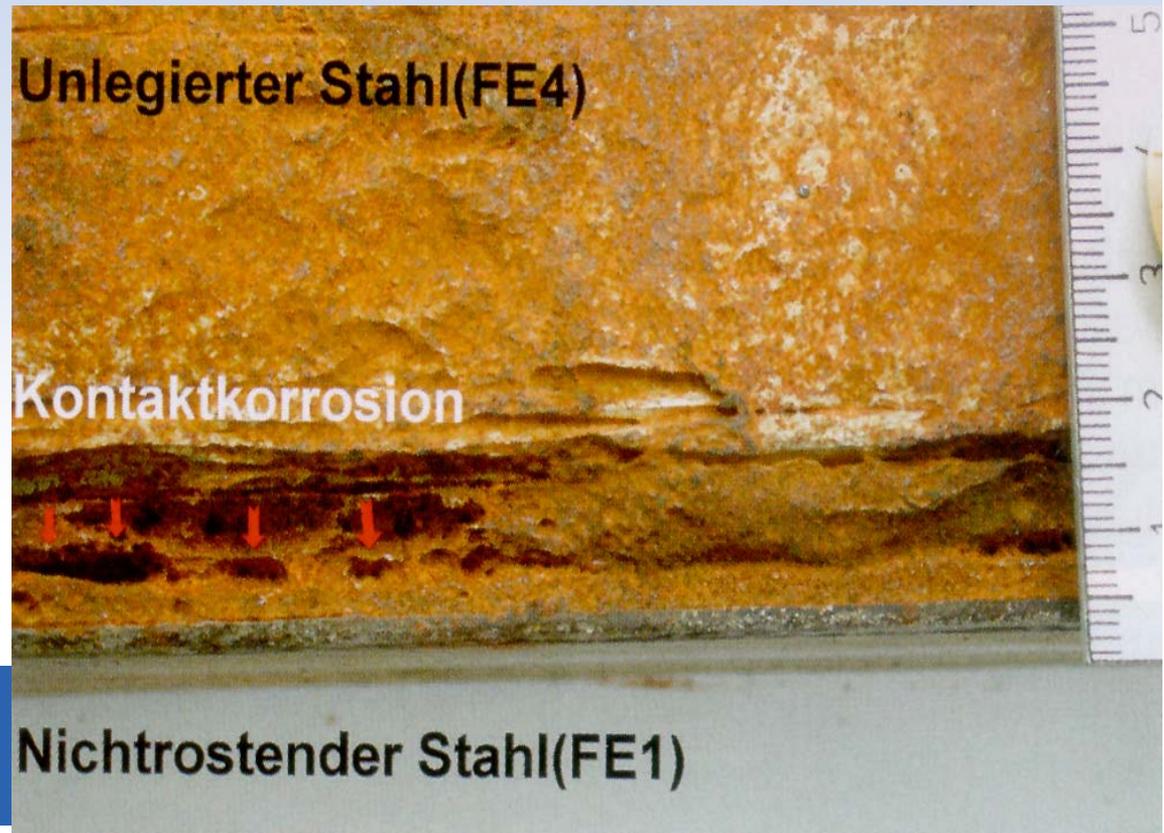
### 3.3.1 Problemstellung

Erhebliche Korrosionsschäden durch kombinierten Einsatz von unlegiertem und nichtrostendem Stahl („mehr NiRo gem. DIN 19704 (1998-05) „ ).



Korrosionselement der elektro-chemischen Korrosion

Kontaktkorrosion am Stör-Sperrwerk



Bundesanstalt für Wasserbau  
Kompetenz für die Wasserstraßen



Edelstahl

Unlegierter Stahl

Seitendichtung mit Korrosionsschäden (Wehr Krotzenburg)



BAW

Bundesanstalt für Wasserbau  
Kompetenz für die Wasserstraßen

Bautechnische Anforderungen Verkehrswasserbauwerke  
LBDir Claus Kunz

## 3.3.2 Aktivitäten

Als ad-hoc-Regelung: BAW-Merkblatt  
(erarbeitet zusammen mit WSV)

- Vermeidung nicht-rostender Stahl
- Hinweise zu Verbindungsmitteln,  
Achsen, Ausrüstungsteile,  
Lauf-, **Schleif- und Dichtungsflächen**
- Hinweise auf KKS



BUNDESANSTALT FÜR WASSERBAU  
Karlsruhe · Hamburg · Ilmenau



Merkblatt  
Einsatz von nichtrostendem Stahl  
im Stahlwasserbau  
MWS

November 2005



Bundesanstalt für Wasserbau  
Kompetenz für die Wasserstraßen

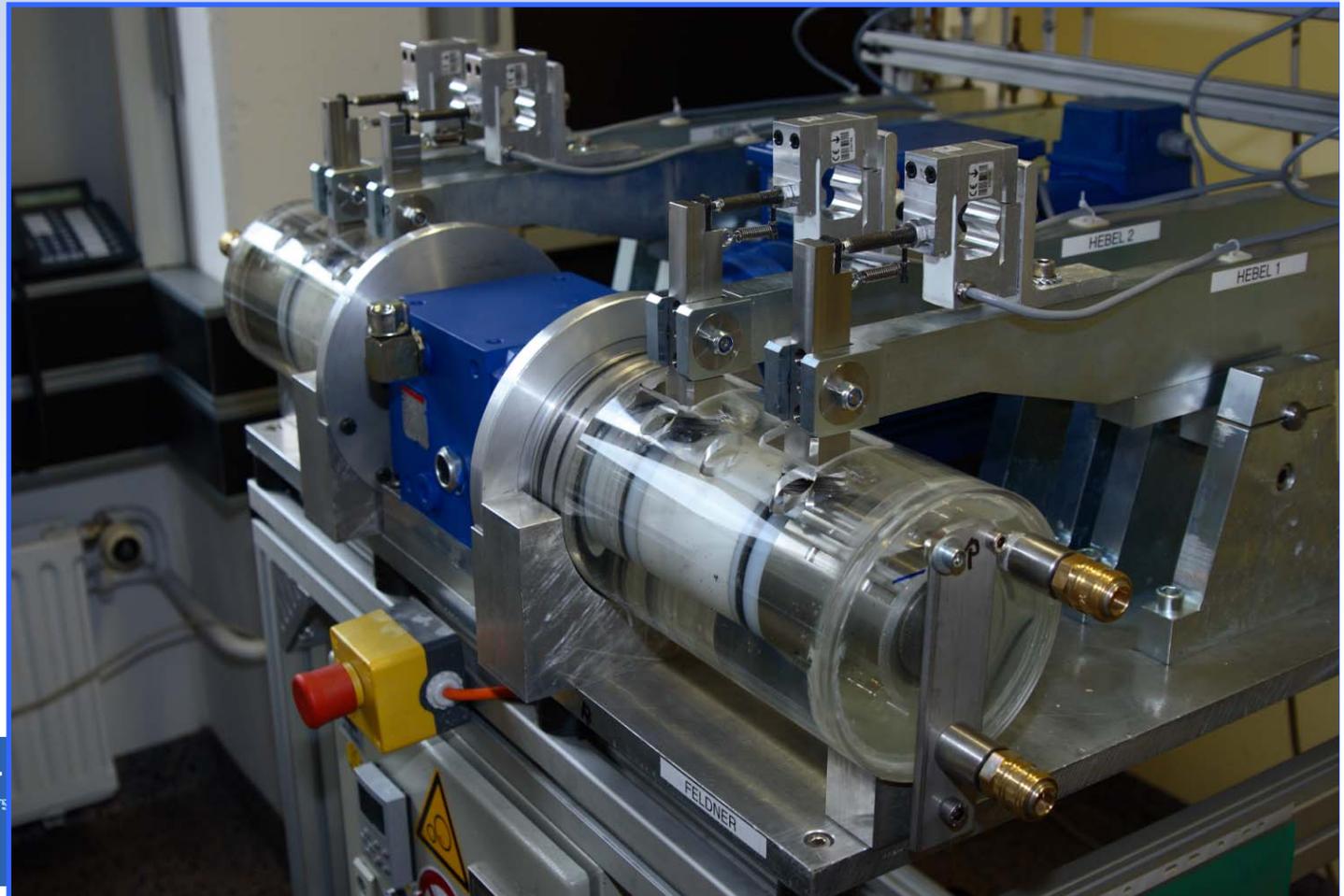
Bauteil  
LBDir

## 3.3.3 Entwicklungen

### Tribologische Kurz-Zeitprüfungen Dichtungs-Gleitflächen:

Modifikation des Block-auf-Ring Medien-Prüfstandes  
(Inst. für Verbundwerkstoffe, TU Kaiserslautern)

Festgelegte  
Prüfparameter:  
 $\rho = 1 \text{ MPa}$ ,  
 $v = 0.03 \text{ m/s}$



Prüfung von 11 x Kunststoff und 1 x Edelstahl

Kunststoff-Probekörper umfassten auch Werkstoff-  
Modifizierungen



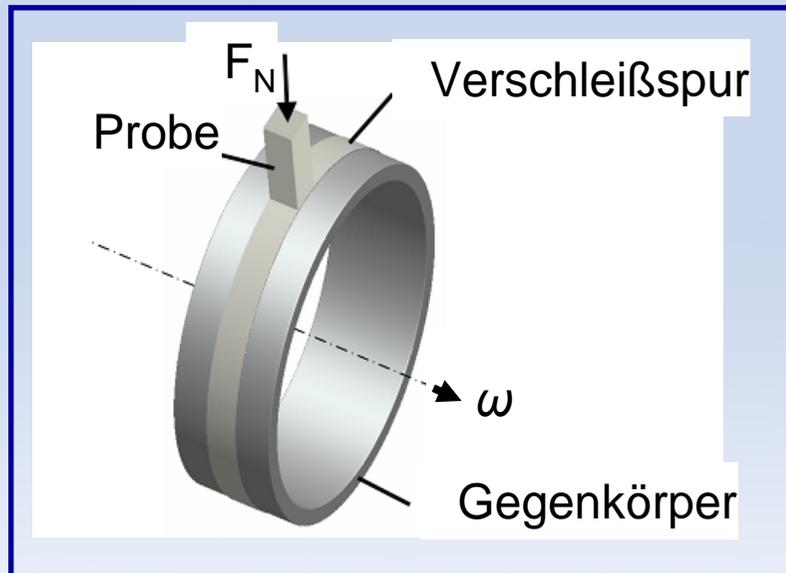
BAW

**Bundesanstalt für Wasserbau**  
Kompetenz für die Wasserstraßen

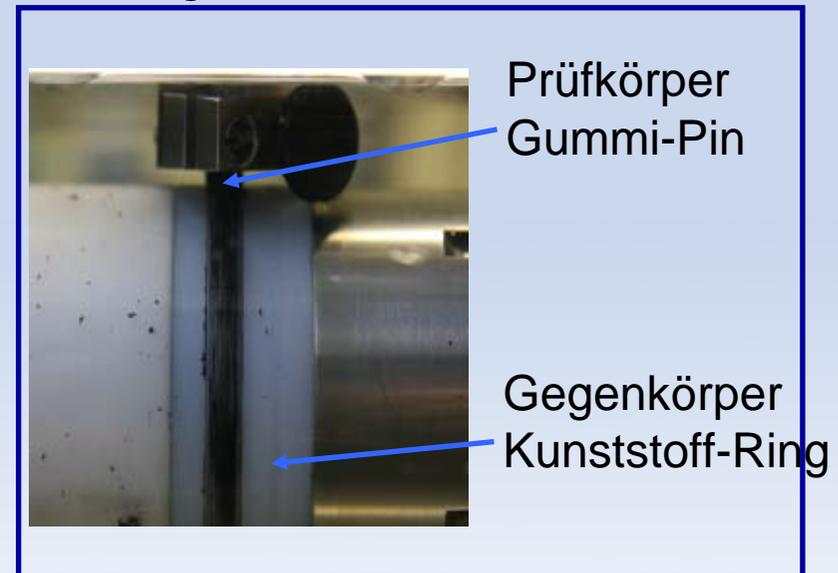
**Bautechnische Anforderungen Verkehrswasserbauwerke**  
**LBDir Claus Kunz**

# Block-auf-Ring Modellprüfung im Medium Wasser

Prüfprinzip:



Prüfung unter Wasser:



Verschleiß-Kenngrößen:

- Spezifische Verschleißrate
- Reibbeiwert



## Erste Ergebnisse:

- Verschleißrate bei Kunststoff-Materialien um ca. 50% geringere
- Reibbeiwerte bei Kunststoff-Materialien um ca. 25% geringer
- Werkstoff-Modifizierungen verringern die Verschleißrate

## Fortsetzung der Untersuchungen (Simulation Dauerbetrieb)

Entwicklung eines Ersatzmaterials für Dichtungs-Gleitflächen  
... wird in eine Empfehlung für neue Dichtungsgleitflächen  
sowie in Konstruktionsempfehlungen münden



BAW

Bundesanstalt für Wasserbau  
Kompetenz für die Wasserstraßen

Bautechnische Anforderungen Verkehrswasserbauwerke  
LBDir Claus Kunz

## 3.4 Resumée

Vorgehensweise der BAW bei neuen Fragestellungen mit Beispielen aufgezeigt.

Lösungen für die WSV werden Schritt-für-Schritt erarbeitet und mit Begleit-Überlegungen „abgesichert“

Verfügbar sind derartige „Problemlösungen“ über.

BAW-Merkblätter, BAW-Kolloquien, BAW-Mitteilungen, Regelwerke (ZTV-W, DIN, DAfStb, DASt, ...)

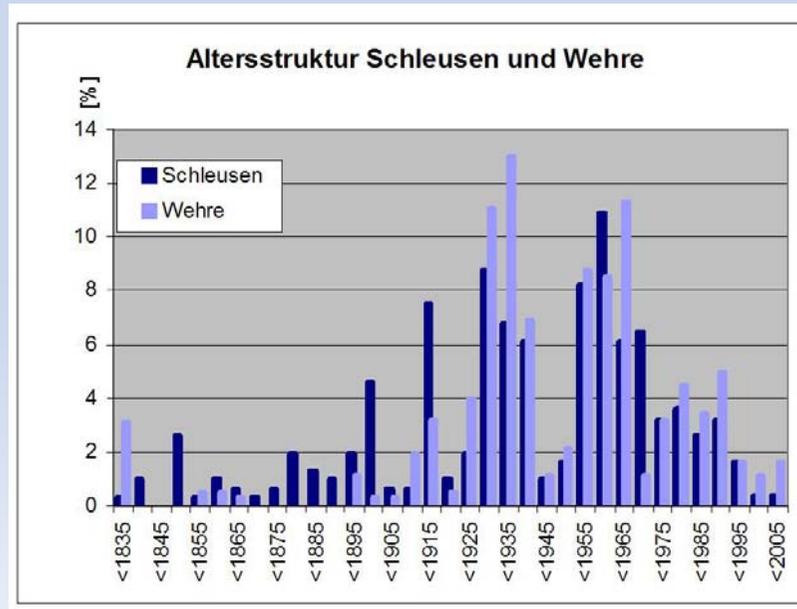


BAW

Bundesanstalt für Wasserbau  
Kompetenz für die Wasserstraßen

Bautechnische Anforderungen Verkehrswasserbauwerke  
LBDir Claus Kunz

Zur Langlebigkeit von Wasserbauwerken gehört  
zwangsläufig ...



... die **Erhaltung von Bauwerken**, auch als Element  
der Sicherheit von Bauwerken



Aus dem Inhalt:

Nachrechnung und Bewertung bestehender Wasserbauwerke und Brücken

Erhaltungsmanagement für Wasserbauwerke

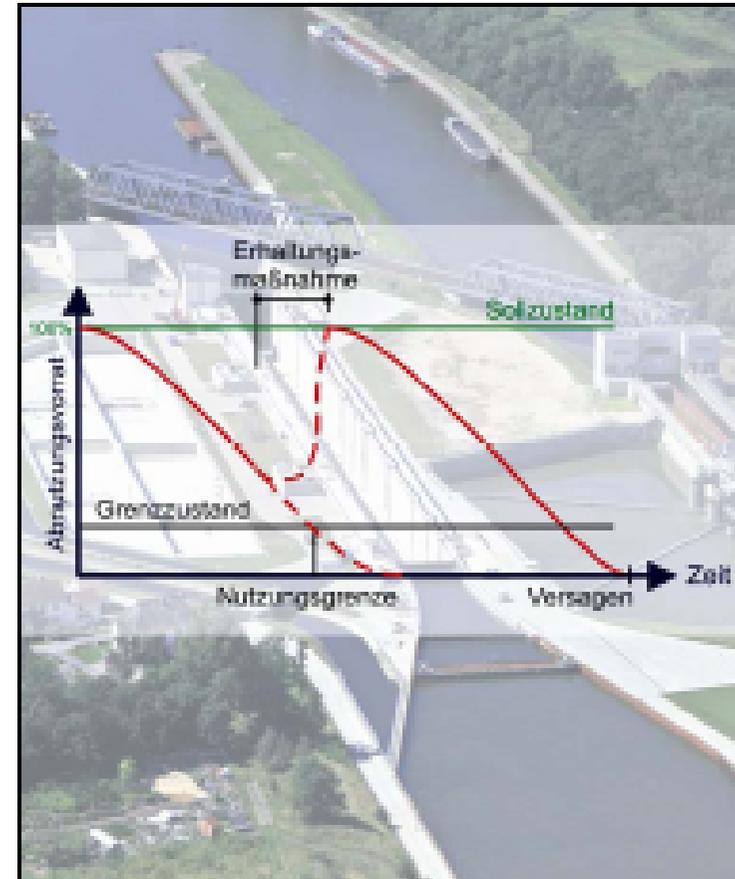
Instandsetzungen von Wasserbauwerken

Ertüchtigung von Querbauwerken in Dämmen



Bundesanstalt für Wasserbau  
Kompetenz für die Wasserstraßen

PROGRAMM



BAW-Kolloquium

Erhaltung von Wasserbauwerken  
und Brücken

15. und 16. Juni 2010 in Karlsruhe



Bundesanstalt für Wasserbau  
Kompetenz für die Wasserstraßen

Baute  
LBDir

# **Danke**

## **für Ihre**

# **Aufmerksamkeit**



**BAW**

**Bundesanstalt für Wasserbau**  
Kompetenz für die Wasserstraßen

**Bautechnische Anforderungen Verkehrswasserbauwerke**  
**LBDir Claus Kunz**